

Análise de viabilidade econômico-financeira: avaliação comparativa entre os coagulantes Sulfato de Alumínio e Policloreto de Alumínio (PAC) em estações de tratamento de água

Caroline Colatti Hoffmann¹, Fabiola Silva Santos Lovo¹, Silvia Cristina de Aguiar Barreto¹, Daniele Drumond Neves²

Submissão: 10/04/2024

Aprovação: 06/11/2025

Resumo - A água desempenha um papel muito importante no desenvolvimento sustentável de uma comunidade. Ter direito à água potável é uma premissa assegurada pela ONU, como um direito humano fundamental. Atender a sociedade com padrões de potabilidade de qualidade podem ser garantidos, mediante a ação desempenhada pelas estações de tratamento de água. O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade econômico-financeira entre os coagulantes sulfato de alumínio e policloreto de alumínio (PAC), em uma estação de tratamento de água de uma empresa estatal. Ambos os coagulantes estabelecidos para este estudo de viabilidade são comumente utilizados no tratamento da água, e foram escolhidos por apresentarem resultados satisfatórios na remoção da turbidez da água bruta. O trabalho foi desenvolvido a partir de um teste real, em uma estação de tratamento de água, durante 60 dias, para avaliação do consumo mensal de cada coagulante e do custo do tratamento gerado pela utilização de cada um. Para determinação da viabilidade econômico-financeira utilizaram-se os indicadores financeiros Payback, valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e taxa mínima de atratividade (TMA). A partir dos resultados foi possível concluir que os dois coagulantes são viáveis financeiramente, de acordo com os indicadores financeiros calculados; entretanto, o coagulante sulfato de alumínio apresentou resultados financeiros superiores ao policloreto de alumínio, principalmente por requerer um investimento inicial menor que o requerido pelo PAC.

Palavras-chave: Viabilidade. Indicadores financeiros. Coagulantes. Tratamento. Sulfato de alumínio. Policloreto de alumínio.

Economic and financial feasibility analysis: comparative evaluation between aluminum sulfate and aluminum polychloride (PAC) coagulants in water treatment plants.

Abstract - Water plays a very important role in the sustainable development of a community. The right to drinking water is a premise guaranteed by the UN as a fundamental human right. Providing society with water that meets potability quality standards can be ensured through the actions of water treatment plants. The objective of this work is to evaluate the economic and financial viability of using aluminum sulfate and aluminum polychloride (PAC) coagulants in a water treatment plant of a state-owned company. Both coagulants, established for this feasibility study, are commonly used in water treatment and were chosen because they presented satisfactory results in removing turbidity from raw water. This work was developed from a real-world test, conducted at a water treatment plant over 60 days, to evaluate the monthly consumption of each coagulant and the treatment cost generated by their use. To determine economic and financial viability, the financial indicators Payback, Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), and Minimum Attractive Rate of Return (MARR) were used. Based on the results, it was possible to conclude that both coagulants are financially viable, according to the calculated financial indicators; however, aluminum sulfate coagulant showed superior financial results to aluminum polychloride, mainly because it required a lower initial investment than that required by the PAC (Processed Accelerator Cycle).

Keywords: Feasibility. Financial indicators. Coagulants. Treatment. Aluminum sulfate. Aluminum polychloride.

¹ Acadêmicas do curso de Engenharia de Produção da Faculdade Multivix Serra, Serra, ES

² Mestre, Docente da Faculdade Multivix Serra, Serra, ES.

INTRODUÇÃO

A água desempenha um papel muito importante no que tange ao desenvolvimento sustentável de uma comunidade. Ter direito à água potável é uma premissa assegurada pela ONU, como um direito humano fundamental (ONU, 2010). Com o intuito de atender a essa determinação e entregar à sociedade uma água com padrões de potabilidade de qualidade, essa prática só é garantida mediante a ação desempenhada pelas estações de tratamento de água.

As estações de tratamento de água, também chamadas de ETAs, são unidades de tratamento, que por meio de processos físicos e químicos, realizam o tratamento da água, promovendo a redução da cor e turbidez da água bruta, além de remover organismos patogênicos que poderiam gerar doenças à população (Souza, 2007).

Um dos processos mais importantes que ocorrem durante o tratamento da água é a etapa de coagulação, que consiste em uma reação química da água bruta com um agente coagulante, na qual serão formados flocos, denominados coágulos (Souza, 2007). Os principais coagulantes utilizados no tratamento da água são os sais que possuem em sua base química o alumínio ou o ferro (Pavanelli, 2001).

Nos estudos de viabilidade existem quatro tipos de elementos que compõem uma análise completa do projeto, sendo eles: viabilidade técnica; viabilidade operacional; viabilidade de mercado; e, por fim, a viabilidade econômico-financeira (Martins, 2023). Este último tópico foi o foco deste trabalho.

Essa análise sobre a viabilidade econômico-financeira é de suma importância de ser realizada, uma vez que possibilita determinar os retornos que o projeto trará à empresa e, diante dos dados obtidos, validar o projeto que será mais viável de ser aplicado (Sebrae/BA, 2019).

Para este estudo de viabilidade, foram analisados os indicadores de investimentos: Payback – refere-se a um indicador financeiro de investimento que mostra em quanto tempo o capital investido será recuperado (Lima, 2019); e a taxa mínima de atratividade (TMA) - a TMA faz parte de um grupo de indicadores que avalia o retorno do capital investido em um projeto e

subsídia o gestor na tomada de decisão da viabilidade do investimento (Prates, 2021);

Além disso, outros dois indicadores também foram ponderados: valor presente líquido (VPL) - que considera as entradas do fluxo de caixa em valores monetários atuais e desconta do custo de capital inicial, para saber se o projeto trará retornos positivos ou não (Lima, 2019); e a taxa interna de retorno (TIR) – que é o indicador que irá mostrar a rentabilidade do projeto e, para ser rentável, precisa superar a taxa mínima de atratividade (TMA), ou, no mínimo, ser igual (Sebrae, 2019).

O estudo visa mostrar a viabilidade de uso dos dois principais sais à base de alumínio, utilizados comercialmente nas estações de tratamento de água, que são: o sulfato de alumínio e o policloreto de alumínio. A escolha desses dois coagulantes para o estudo desta viabilidade foi baseada em um estudo realizado por Schmidt (2014), utilizando policloreto de alumínio e sulfato de alumínio para eliminação da turbidez em águas de abastecimento, onde os dois compostos obtiveram resultados satisfatórios em mais de 96% das amostras.

A empresa na qual foi realizado o estudo de viabilidade econômico-financeiro é uma estatal do ramo de saneamento, a qual, após a inserção do marco do saneamento, tem buscado alternativas para se adequar à nova realidade prevista em legislação e, ademais, ter sua saúde financeira preservada para se tornar competitiva ao participar de licitações com empresas privadas.

Atualmente, os serviços de saneamento básico são prestados, na maior parte do Brasil, por empresas estatais. Essas empresas ainda dominam o mercado de saneamento, especialmente no que diz respeito à captação e ao tratamento da água e, em grande parte, também em sua distribuição (Aragão; Oliveira, 2021).

O marco do saneamento foi aprovado em 2020, com o objetivo de universalizar os serviços de saneamento básico, principalmente o acesso à água potável, promovendo mudanças na regulamentação e passando a estimular a ampla concorrência de empresas privadas, em regiões já atendidas por empresas estatais, além de incentivar a privatização das estatais (Aragão; Oliveira, 2021).

A relevância deste estudo de viabilidade procede no fato de que os dois coagulantes suprem de forma eficiente a eliminação da turbidez das águas que chegam até as estações de tratamento de água. Contudo, para se manter competitiva no mercado de saneamento, quanto menor for o custo para realizar o tratamento das águas, melhor será para a saúde financeira da empresa.

O objetivo do trabalho foi determinar qual dos dois coagulantes apresentou mais vantagens econômicas e financeiras à empresa, mediante uma análise comparativa entre os custos e a eficiência alcançada após o manejo de cada um desses coagulantes, atrelado aos indicadores de viabilidade financeira.

MATERIAIS E MÉTODO

O estudo de viabilidade econômico-financeira foi realizado com base nos dados obtidos pelo uso dos coagulantes sulfato de alumínio e policloreto de alumínio, por meio de um teste direto em planta, durante 60 dias, em uma estação de tratamento de água, localizada no município de Ecoporanga.

Essa unidade de tratamento contempla o tratamento convencional, que consiste na água bruta passando por tratamento completo, dotado dos processos de floculação, decantação, filtração, correção de pH, desinfecção (cloração) e fluoretação, antes de ser distribuída à população (Figura 1).

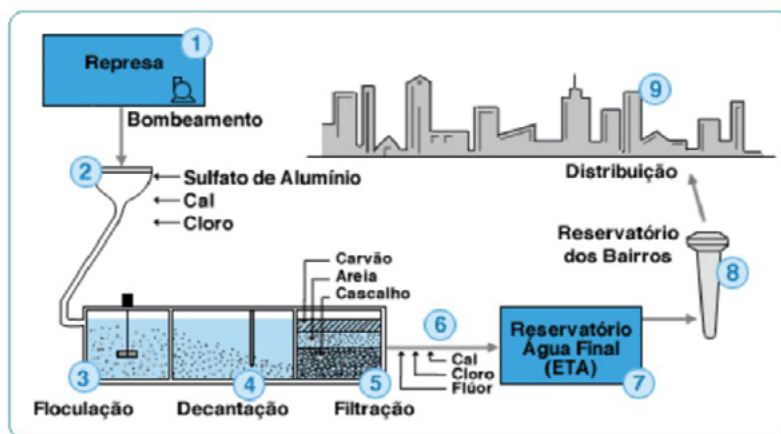


Figura 1. Fluxograma de uma estação de tratamento convencional.
Fonte: Sabesp (2024).

Conforme demonstrado na Figura 2, a primeira etapa do estudo foi a realização de um teste em bancada

para a determinação das dosagens de trabalho que seriam usadas em nível de planta.

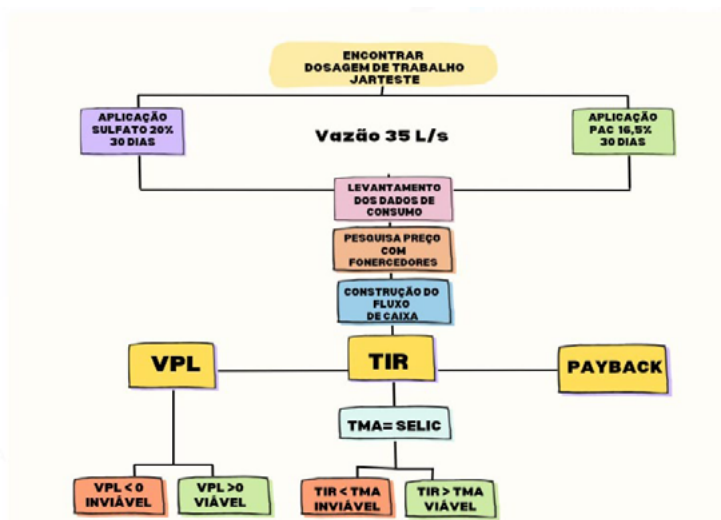


Figura 2. Fluxograma da metodologia da pesquisa.
Fonte: Autor, 2024.

Com o auxílio do equipamento de Jar teste (Figura 3), foram encontradas as quantidades adequadas de policloreto de alumínio e sulfato de alumínio necessários para o tratamento da água bruta. Esse Jar teste consiste em um equipamento de laboratório que

simula o tratamento da água, passando pelas etapas de coagulação, floculação e decantação, o que possibilita encontrar uma dosagem ideal de trabalho, antes da aplicação em larga escala.

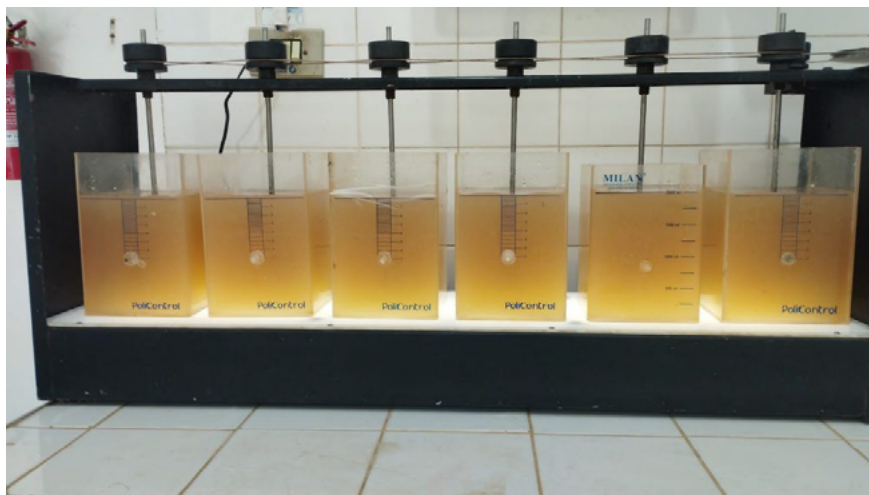


Figura 3. Aplicação de diferentes dosagens de coagulante.

Fonte. Autor, 2024.

A Figura 4 retrata a diferença visual do antes e depois do teste realizado em bancada.



Figura 4. Resultado do teste após as etapas de coagulação, floculação e decantação.

Fonte: Autor, 2024.

As diluições dos coagulantes foram feitas de acordo com o cálculo da diluição demonstrado na Fórmula 01. Para a determinação da concentração do coagulante bruto, foi feita uma aferição com densímetro, e foi encontrada a densidade de 1,32 g/cm³ para o sulfato de alumínio e de 1,28 g/cm³ para o PAC, e

considerada a concentração de cada um conforme a Tabela 1 apresentada. Os dados da Tabela 1 foram retirados da ficha do produto, fornecida pelo próprio fornecedor.

Foi considerada uma concentração de trabalho final

de 20% para o sulfato e 16,5% para o PAC.

Fórmula 01: Fórmula para cálculo da diluição de soluções

$$C1.V1=C2.V2$$

Fonte: Autor, 2024.

C1: Concentração do coagulante bruto (%), tabela imagem 05;

V1: Volume de coagulante bruto adicionado (L);

C2: Contração de trabalho do coagulante (%);

V2: Volume final do tanque (L).

Tabela 1. Densidade e concentração de produtos, adaptada de ficha de orientação de uso do produto – Bauminas.

Produtos	Densidade x Concentração	
	Densidade (g/ml)	Concentração P/V)
Sulfato de Alumínio	1,32	61,26 %
Policloreto de Alumínio (PAC)	1,28	40,10%

Fonte: Autor, 2024.

Após encontrada em bancada a dosagem ideal de trabalho, foram aplicados os valores na Fórmula 02 para determinação da vazão de dosagem.

Fórmula 02: Fórmula para cálculo da vazão de dosagem em escala planta

$$VDSG(mL) = \frac{VETA \times D}{2 \times C\%}$$

Fonte: Autor, 2024.

Onde:

VDSG(ml): Vazão de dosagem (em ml/5seg);

VETA: Vazão da ETA (considerado 35L/s);

D(mg/L): Dosagem do coagulante (em mg/L);

C(% coagulante): Concentração de trabalho do coagulante.

O teste em planta ocorreu entre os meses de dezembro de 2023 a janeiro de 2024, período em que as dosagens foram controladas e acompanhadas durante 60 dias, sendo os 30 primeiros dias com a utilização

do coagulante sulfato de alumínio, e os últimos 30 dias com a utilização do policloreto de alumínio.

Os meses de dezembro e janeiro foram escolhidos em decorrência de ser um período de maiores índices pluviométricos, o que consequentemente promove um aumento na turbidez da água bruta e, ademais, um maior gasto com coagulantes durante o tratamento da água.

De acordo com o fluxograma demonstrado na Figura 2, após o teste em planta com os dois coagulantes, foi feito um levantamento de dados de consumo de cada coagulante e de produtos adicionais utilizados no tratamento – como a cal, para controle do pH, e o cloro, para desinfecção da água; e uma pesquisa de preço com fornecedores das matérias-primas, com o intuito de calcular o valor gasto no tratamento durante o período considerado.

Mediante os dados obtidos, foi elaborado um fluxo de caixa (Figura 5) para demonstrar as despesas oriundas desse tratamento realizado, e as receitas geradas pela venda do m³ (metro cúbico) de água tratada para cada coagulante.

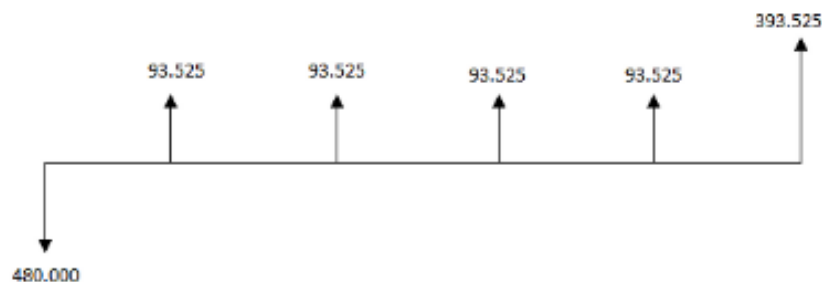


Figura 5. Modelo de fluxo de caixa.

Fonte: Lima (2019).

Os valores por quilo dos coagulantes foram orçados em três fornecedores diferentes. O menor valor foi utilizado como base de cálculo para construção do fluxo de caixa e, a partir dele, foram calculados os indicadores financeiros: VPL, TIR e Payback.

No método do VPL, são consideradas as entradas do fluxo de caixa em valores monetários atuais e é descontado do custo de capital inicial para saber se o projeto trará retornos positivos ou não (Lima, 2019). Para cálculo do VPL, foi utilizada a Fórmula 03, conforme demonstrada abaixo:

Fórmula 03: Fórmula para cálculo do VPL

$$VPL = \left[\frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \frac{FC_3}{(1+i)^3} \right] + \dots + (FC_0)$$

Fonte: Lima (2019).

Onde: FC é o fluxo de caixa livre a cada período

FC_0 é o fluxo de caixa no ano 0 (investimento)

Já o TIR é a taxa que calcula todas as entradas do

fluxo de caixa para o valor monetário presente e iguala a somatória ao valor inicial aplicado. Em outras palavras, a taxa interna de retorno (TIR) é a taxa que iguala o Valor Presente Líquido (VPL) a zero (Lima, 2019), conforme demonstrado na Fórmula 04:

Fórmula 04: Fórmula para cálculo do TIR

$$VPL = \left[\frac{FC_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FC_2}{(1+TIR)^2} + \frac{FC_3}{(1+TIR)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+TIR)^n} \right] = 0$$

Fonte: Lima (2019).

Ainda a partir do fluxo de caixa, foi possível realizar uma avaliação do tempo de retorno de cada investimento considerado neste estudo, que consiste no indicador financeiro conhecido como Payback, no qual é feita uma análise de entradas e saídas e é estabelecido em quanto tempo as receitas compensarão o

investimento inicial (Lima, 2019).

Para se ter uma análise mais completa da viabilidade do estudo, foi determinada a taxa mínima de atratividade - TMA. Ela é utilizada em conjunto com a TIR, de forma comparativa. A melhor situação de viabi-

lidade do projeto é quando a TIR é superior à TMA (Prates, 2021).

O cálculo da TMA pode variar de acordo com o contexto e os critérios de cada análise de viabilidade, geralmente incluindo o custo de capital, a taxa de inflação e o risco associado ao investimento (Empiricus, 2024).

Neste trabalho, foi considerada como taxa mínima

de atratividade a taxa Selic de 0,83% a.m., praticada no mercado no mês de maio de 2024 (Indicadores, 2024). A Selic foi considerada como a taxa mínima de atratividade por se tratar de um indicador importante na economia brasileira e por impactar outras taxas, como: taxas de empréstimos, financiamentos e aplicações financeiras (Brasil, 2024).

Para a conversão da taxa de juros mensal em diária, foi utilizada a Fórmula 5.

Fórmula 05: Fórmula para conversão da taxa de juros mensal em diária (Idinheiro, 2023).

$$\text{Taxa de juros diária} = (1 + \text{taxa de juros mensal})^{\frac{1}{30}} - 1$$

Após o cálculo dos indicadores financeiros, houve uma avaliação conjunta de todas as variáveis consideradas e foi determinado qual dos dois coagulantes foi mais vantajoso para a empresa em termos de custos e performance.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Etapa 1. Teste com sulfato de alumínio

A partir do teste em bancada, com auxílio do Jar teste, foi encontrada uma dosagem ideal de trabalho de 17 mg para o coagulante sulfato de alumínio. Aplicando esse valor na fórmula da dosagem (Fórmula 02), foi encontrado o volume de trabalho de 14,9 mL a cada cinco segundos, considerando a vazão de tratamento da ETA de 35 L/s e uma concentração do coagulante diluído de 20%. Abaixo se demonstra o cálculo para determinação da vazão.

$$\text{VDSG} \left(\frac{\text{mL}}{5\text{s}} \right) = \frac{35 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times 17 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{2 \times 20\%} = 14,9 \text{ mL}/5\text{s}$$

O teste foi realizado durante 30 dias para cada coagulante a fim de determinar se haveria mudanças significativas nas dosagens; como não houve, os cálculos foram baseados nos consumos diários para uma melhor apresentação dos dados financeiros.

Apesar de a estação de tratamento estar em operação 24h/dia, o tempo de trabalho efetivo é de 22h de-

vido aos intervalos de paralisação para almoço/janta do operador.

Portanto, considerando as 22h de trabalho diárias (o equivalente a 79.200 segundos), foi consumido um volume de 236,0 L/dia de coagulante sulfato de alumínio diluído. Aplicando esse valor na fórmula da diluição de soluções (Fórmula 01), e considerando a concentração bruta do produto de 61,26%, conforme tabela do fornecedor, para a densidade de 1,32 mg/cm³, temos o consumo diário de 77,0 L/dia do coagulante sulfato de alumínio bruto para tratamento de um volume de 2.772,0 m³ de água bruta por dia. O demonstrativo dos cálculos está abaixo.

$$V_{\text{coagulante bruto}} = \frac{20\% \times 236,0 \text{ l}}{61,26\%} = 77,0 \text{ L}$$

$$V_{\text{água bruta}} = \frac{35 \text{ L}}{\text{s}} \times \frac{22 \text{ h}}{\text{dia}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1000 \text{ l}} = 2.772,0 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

Esses resultados corroboram os achados de Schmidt (2014), que, ao comparar o desempenho o desempenho do sulfato de alumínio e do policloreto de alumínio (PAC)

em águas de abastecimento, observou eficiência superior a 96% na remoção da turbidez, confirmando que ambos os coagulantes apresentam desempenho técnico satisfatório. De forma semelhante, Pavanelli (2001) ressalta que o sulfato de alumínio, além de

amplamente utilizado, apresenta ótima eficiência na coagulação de águas com elevada turbidez e custo significativamente inferior a outros.

Além do gasto de 77,0 L do coagulante, ainda foram utilizados adicionalmente no tratamento da água 70 Kg de sal (Cloreto de Sódio) para a produção de cloro para desinfecção da água e 8 Kg de cal para ajuste do pH da água tratada.

Etapa 2. Teste com policloreto de alumínio (PAC)

Para a utilização do policloreto, foi encontrada uma dosagem ideal no Jar teste de 9 mg. Aplicando esse valor na fórmula da dosagem (Fórmula 02), foi encontrada uma vazão de trabalho de 9,5 mL a cada cinco segundos, considerando a vazão de tratamento da ETA de 35 L/s e uma concentração do coagulante diluído de 16,5%. Abaixo se demonstra o cálculo para determinação da vazão.

$$VDSG \left(\frac{ml}{5s} \right) = \frac{35 \frac{l}{s} \times 9 \frac{mg}{L}}{2 \times 16,5\%} = 9,5 \text{ mL}/5s$$

Considerando as mesmas 22h de trabalho diárias da primeira etapa, foi consumido um volume de 150,5 L/dia do coagulante diluído. Aplicando esse volume na fórmula da diluição (Fórmula 01) e considerando a concentração bruta do produto de 44,10%, conforme tabela do fornecedor, para a densidade de 1,28 mg/cm³, temos o consumo diário de 56,3 L/dia do coagulante policloreto de alumínio bruto para tratamento de 2772,0 m³ de água bruta. O demonstrativo dos cálculos está abaixo.

$$V_{bruto} = \frac{16,5\% \times 150,5 \text{ L}}{44,10\%} = 56,3 \text{ L}$$

Além do gasto de 56,30 L do coagulante, ainda foram utilizados adicionalmente no tratamento da água 56,6 Kg de sal (Cloreto de Sódio) para a produção de cloro para desinfecção da água, porém não foi necessária a adição de nenhuma quantidade de cal para ajuste do pH da água tratada.

Essa vantagem operacional observada com o uso do PAC está em consonância com as observações de Souza (2007), que aponta que os coagulantes à base de policloreto de alumínio proporcionam maior

estabilidade no processo de coagulação, reduzindo a necessidade de correção de pH e a formação de lodo. Dessa forma, ainda que o custo do produto seja mais elevado, há ganhos indiretos em eficiência e sustentabilidade operacional.

Etapa 3. Pesquisa preço

Para poder construir o fluxo de caixa com os custos e receitas do tratamento da água durante os períodos considerados, foi necessária uma pesquisa de preço dos coagulantes utilizados no estudo e dos produtos utilizados adicionalmente no tratamento: o sal e a cal.

Os melhores preços foram aqueles encontrados levando em conta a reputação do fornecedor no mercado e uma matéria-prima de qualidade (Tabela 2).

Tabela 3. Preço de mercado dos produtos utilizados no tratamento da água.

Insumos	Unidade	Preço Unitário (R\$)
Sulfato de alumínio	Kg	0,90
Policloreto de alumínio	Kg	1,74
Sal	Saco de 25 Kg	31,00
Cal virgem	Saco de 20 Kg	70,00

Fonte: Autor.

Etapa 4. Construção dos fluxos de caixa

Considerando os valores das matérias e o consumo de cada produto, têm-se abaixo as tabelas com os gastos diários do tratamento de água utilizando o sulfato de alumínio (Tabela 03) e policloreto de alumínio (Tabela 4), para tratar um volume de 2.772 m³ de água bruta:

Como os coagulantes têm seus preços negociados por quilo, é necessário fazer a conversão do consumo de litros para quilos:

$$\text{Consumo sulfato (Kg)} = \text{Volume (L)} \times \text{Densidade} \left(\frac{g}{cm^3} \right) = 77,0 \times 1,32 = 101,6 \text{ Kg}$$

$$\text{Consumo PAC (Kg)} = \text{Volume (L)} \times \text{densidade} \left(\frac{g}{cm^3} \right) = 56,3 \times 1,28 = 72,1 \text{ Kg}$$

Tabela 4. Custo diário com produtos químicos para tratamento da água utilizando sulfato de alumínio.

Insumos	Unidades	Consumo (Kg)	Valor unitário (R\$)	Custo (R\$)
Sulfato alumínio	Kg	101,60	0,90	91,44
Sal	Sacos 25 kg	70,00	31,00	86,80
Cal	Saco 20 kg	8,00	70,00	28,00
Total				206,24

Fonte: Autor.

Tabela 4. Custo diário com produtos químicos para tratamento da água utilizando Policloreto de alumínio(PAC).

Insumos	Unidades	Consumo (Kg)	Valor unitário (R\$)	Custo (R\$)
Sulfato alumínio	Kg	101,60	0,90	91,44
Sal	Sacos 25 kg	70,00	31,00	86,80
Cal	Saco 20 kg	8,00	70,00	28,00
Total				206,24

Fonte: Autor.

Além dos gastos com os insumos para tratamento da água bruta, foram considerados como outros custos da estação de tratamento de água durante o período de testes o salário dos quatro operadores que se revezavam nas escalas durante o mês e o custo com energia elétrica para manter as bombas e os equipamentos de análise em funcionamento (Tabela 5).

Tabela 5. Outros custos da estação de tratamento de água.

Insumos	Unidades	Consumo (Kg)	Valor unitário (R\$)	Custo (R\$)
Sulfato alumínio	Pacote	71,10	1,74	125,45
Sal	Sacos 25 kg	56,60	31,00	70,18
Cal	Saco 20 kg	0,00	70,00	0,00
Total				195,64

Fonte: Autor.

Para a construção do fluxo de caixa, além de considerar os custos com os insumos do tratamento, salários e energia elétrica, foi necessário considerar um investimento inicial para a aquisição de uma quantidade mínima de cada coagulante que o fornecedor disponibiliza ao preço informado.

O carregamento mínimo de cada coagulante acordado com o fornecedor foi de 50.000 L, o equivalente a 66.000 Kg de sulfato de alumínio e 64.000 Kg de policloreto de alumínio, correspondendo, respectivamente, a um investimento inicial de R\$ 59.400,00 e R\$ 111.360,00 reais.

Conforme calculado, diariamente são tratados na ETA cerca de 2.772 m³ de água bruta; entretanto, devido às perdas na distribuição e o uso de parte da água tratada para lavagem das unidades, 95% desse volume total chega à casa dos consumidores. Diante disso, apenas o valor de 2.633,4 m³ é convertido em receita.

No momento da pesquisa, o preço do metro cúbico de água tratada pela empresa onde o trabalho foi desenvolvido custa R\$ 3,48. Em consequência disso, diariamente, a receita gerada pela venda da água tratada resulta em R\$ 9.164,23.

Os fluxos de caixa apresentados nas Figuras 6 e 7 foram feitos com base nos cálculos de custos e receitas diários. No caso do coagulante sulfato de alumínio, a diferença entre os custos e as receitas gerava um lucro de R\$ 8.562,99 por dia. Como resultado, para suprir o investimento inicial de R\$ 59.400,00, foram necessários apenas sete dias, ou seja, essa análise faz alusão ao Payback do projeto, que se refere à quantidade de tempo que foi necessária para se recuperar o investimento inicial.

Já para o coagulante policloreto de alumínio, o lucro diário foi de R\$ 8.573,59, muito próximo ao valor obtido com a utilização do sulfato; porém, como o investimento inicial para o PAC teve que ser maior, a quantidade de dias para se pagar o investimento também foi superior. Consequentemente, o Payback para o coagulante policloreto de alumínio foi superior ao do sulfato de alumínio. No caso do coagulante PAC, foram necessários 15 dias para o investimento inicial ser pago.

Conforme Lima (2019), projetos com Valor Presente Líquido (VPL) positivo e Taxa Interna de Retorno (TIR) superior à Taxa Mínima de Atratividade (TMA) são considerados economicamente viáveis, o que se confirma neste estudo, em que ambos os coagulantes apresentaram TIR acima da TMA de 0,83% a.m. No entanto, o sulfato de alumínio apresentou retorno financeiro mais rápido, reforçando sua atratividade como alternativa de investimento operacional.

Já Prates (2021) destaca que a análise de viabilidade deve levar em conta não apenas os indicadores financeiros, mas também os riscos e custos de oportunidade. Nesse sentido, o PAC, embora demande maior investimento inicial, apresenta vantagens ambientais e operacionais que podem justificar sua adoção em contextos de gestão voltados à eficiência e à sustentabilidade.

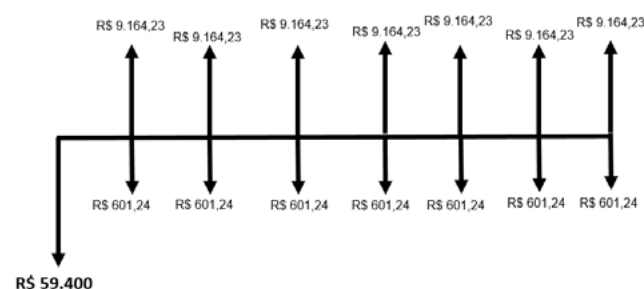


Figura 6. Fluxo de caixa referente ao uso do coagulante sulfato de alumínio.

Fonte: Autor.

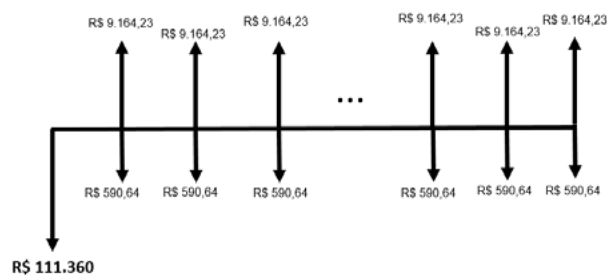


Figura 7. Fluxo de caixa referente ao uso do coagulante policloreto de alumínio (PAC).

Fonte: Autor.

Para o cálculo do VPL e do TIR, foi considerado o período de 30 dias para cada coagulante, de acordo com o tempo de teste de cada um, para uma demonstração mais realista dos dados financeiros alcançados com a pesquisa.

Para o cálculo da taxa de juros diária, foi utilizada a taxa de 0,83% a.m., referente à taxa Selic do mês de maio/24, que foi aplicada na fórmula 05:

$$\text{Taxa de juros diária} = (1 + 0,83)^{\frac{1}{30}} - 1 = 0,02\% \text{ a.d}$$

Após cálculo da taxa de juros diária, o valor de 0,020% foi utilizado na fórmula 03, para cálculo dos VPLs de ambos os coagulantes, e foram encontrados os valores de R\$ 188.170,36 para o projeto que utiliza o coagulante sulfato de alumínio e de R\$ 136.276,82 para o projeto que utiliza o policloreto de alumínio. Como os dois VPLs resultaram em valores superiores a zero, ambos são considerados viáveis.

Por fim, para encontrar a taxa interna de retorno de cada projeto, o VPL de ambos foi igualado a zero, conforme fórmula 04, e foram encontrados os valores de TIRs de 14,1% para o sulfato de alumínio e de 6,4% para o policloreto de alumínio. Quando comparado à taxa Selic de 0,83% a.m., que foi considerada como a taxa mínima de atratividade para este estudo, os dois projetos são superiores a ela e, portanto, viáveis.

Esses resultados reforçam o que Martins (2023) argumenta ao afirmar que a análise de viabilidade deve ser compreendida como um instrumento de gestão estratégica, especialmente em setores como o saneamento, onde o equilíbrio entre custos, desempenho técnico e conformidade regulatória é essencial. Nesse contexto, o sulfato de alumínio se mostra mais adequado para empresas estatais que buscam reduzir despesas sem comprometer a eficiência operacional, enquanto o PAC representa uma alternativa

promissora para cenários em que a prioridade seja a modernização tecnológica e a sustentabilidade do processo.

CONCLUSÃO

Os coagulantes apresentaram resultados satisfatórios em relação à remoção da turbidez da água bruta, mas, no que se refere à análise de viabilidade econômico-financeira, que era o objetivo deste trabalho, no período considerado de 30 dias, o sulfato de alumínio apresentou resultados superiores ao policloreto de alumínio.

Considerando-se apenas o custo do tratamento da água, o policloreto de alumínio, mesmo tendo seu custo unitário maior, mostra-se mais vantajoso, uma vez que com a sua utilização consegue reduzir a quantidade de sal utilizada para desinfecção e zera a quantidade de cal para ajuste do pH da água. Porém, por ter seu custo unitário mais caro e ser necessário um investimento inicial maior em relação ao outro coagulante, ele passa a não ser mais tão vantajoso economicamente e financeiramente.

Em função de as análises serem realizadas nos períodos de dezembro e janeiro, considerando maiores turbidez e um maior gasto de coagulantes no tratamento, logo, esse valor não pode ser considerado fixo para todos os meses do ano, pois pode haver variações nas dosagens de produtos e nos volumes de água tratados.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, A.; OLIVEIRA, R. Considerações iniciais sobre a Lei Nº 14.026/2020 - Novo marco regulatório do saneamento básico. In: POZZO, A. (Ed.). **O novo marco regulatório do saneamento básico**. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2021. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/doutrina/secao/2-consideracoes-iniciais-sobre-a-lei-n-14026-2020-novo-marco-regulatorio-do-saneamento-basico-1-secao-aspectos-gerais-do-novo-marco/1188259501>. Acesso em: 21 mai. 2024.

BRASIL, Banco Central do Brasil. **Taxa Selic**. Disponível em: <https://bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>. Acesso em: 21 mai. 2024.

EMPIRICUS, E. **Taxa mínima de atratividade:** o que é, como funciona e como calcular esse indicador? Disponível em: <<https://www.empiricus.com.br/explica/taxa-minima-de-atratividade>>. Acesso em: 21 mai. 2024.

INDICADORES. **Valor atual, acumulado e histórico da taxa Selic.** Disponível em: <<https://brasilindicadores.com.br/selic>>. Acesso em: 09 jun. 2024.

IDINHEIRO. **Calculadora de taxas equivalentes.** Disponível em: <<https://www.idinheiro.com.br/calculadoras/calculadora-de-taxas-equivalentes/>>. Acesso em: 09 de jun. de 2024.

LIMA, F. R. S. DE. **Viabilidade econômica e financeira de projetos.** Volta Redonda, RJ: FERP, 2019.

MARTINS, J. **Como utilizar um estudo de viabilidade na gestão de projeto.** Disponível em: <<https://asana.com/pt/resources/feasibility-study>>. Acesso em: 5 nov. 2023.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada.** São Carlos, SP: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Carlos, 2001.

ONU, Organização das Nações Unidas. **Água potável: direito humano fundamental.** Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/55564-%C3%A1gua-pot%C3%A1vel-direito-humano-fundamental>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

PRATES, L. **Entenda sobre a taxa mínima de atratividade:** o que é, quando usar. Disponível em: <<https://pucconsultoriajr.com.br/taxa-minima-atratividade/>>. Acesso em: 14 out. 2023.

SABESP. **Tratamento de água.** Disponível em: <<https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=47>>. Acesso em 20 mar. 2024.

SCHIMIDT, A. R. **Análise da utilização do policloreto de alumínio (PAC) e sulfato de alumínio na eliminação de turbidez de água de abastecimento.** Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/22602>>. Acesso em 18 de outubro de 2023.

SEBRAE/BA. **Como fazer análise de viabilidade econômico e financeira de sua empresa.** Bahia: Serviço de apoio às micro e pequenas empresas da Bahia – Sebrae/BA, 2019. Disponível em: https://sebraeatende.com.br/system/files/como_fazer_analise_de_viabilidade_economica_e_financeira_de_sua_empresa.pdf. Acesso em: 18 out. 2023.

SOUZA, W. Tratamento de água - Ebook (3). **Cefet, RN**, 2007